

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Akademický rok: 2010/2011**

**René Lyko**

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA  
OSTRAVA**

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY**

**Databáze typických průběhů změřených energetických veličin**

**Typical Measured Electric Value Courses Database**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing.Tadeusz Sikora, Ph.D.**

**Vypracoval: René Lyko**

**Akademický rok: 2010/2011**

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Tadeuszi Sikorovi, Ph.D  
za odborný dohled, cenné rady, užitečné připomínky a výbornou spolupráci, které mi  
byly během zpracování této bakalářské práce poskytnuty.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.  
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 2.5.2011

René Lyko

## **Abstrakt:**

Obsahem této bakalářské práce je popis a zobrazení určitých průběhů elektrických veličin naměřených v místech připojení el. zdrojů k distribuční soustavě. Současně v mé bakalářské práci popisují exportování dat do jednotné databáze naměřených elektrických veličin na server Fakulty elektrotechniky a informatiky Vysoké školy báňské. Rovněž zde popisují vlastnosti nejčastěji používaných měřících aparátů užívaných u provozovatelů distribučních soustav pro měření elektrických veličin a jejich vyhodnocení, konkrétně Analyzátor sítí BK-ELCOM od společnosti Elcom, a.s. v provedení ENA500, Přenosný Power Quality monitor MEg30 od společnosti MEgA - Měřicí Energetické Aparáty, a.s a Monitor distribučních sítí MDS5 od společnosti EGÚ Brno.

## **Klíčová slova:**

kvalita napětí, elektrická energie, flickr, jednotná databáze, report měření, elektromagnetická kompatibilita, rušení, odběratel, dodavatel, monitor kvality napětí.

## **Abstrakt:**

The bachelor thesis deals with the description and notation of certain measured continuances of electrical parameters in the distribution system; particularly with continuances of measured parameters at the connection of power sources to the distribution system. Bachelor thesis also describes export of the data into unified database of measured electrical parameters to the server of Faculty of Electrical Engineering and Computer Science VŠB. Further it gives a description of the most frequently used measuring devices at distribution system operators for measuring electrical parameters and their evaluation, particularly Network Analyzer BK-ELCOM by Elcom, a.s. company, model ENA500, Portable Power Quality monitor MEg30 by MEgA - Měřicí Energetické Aparáty, a.s company and Distribution System Monitor MDS5 by EGÚ Brno company.

## **Key words:**

quality of voltage, electrical energy, flicker, single database, reporting measurement, electromagnetic compatibility, interference, customer, supplier, monitor quality of supply.

## Seznam použitých symbolů a zkratk

<b>ČSN</b>	Česká státní norma.
<b>FVE</b>	Fotovoltaická elektrárna
<b>Un</b>	Jmenovité napětí [V].
<b>In</b>	Jmenovitý proud [A].
<b>T</b>	Časový interval.
<b>FFT</b>	Rychlá Fourierova transformace.
<b>THD</b>	Total harmonic distortion - (celkové) harmonické zkreslení.
<b>RMS</b>	Efektivní hodnota
<b>P<sub>st</sub></b>	Krátkodobá míra vjemu flikru.
<b>Plt</b>	Dlouhodobá míra vjemu flikru.
<b>EMC</b>	Elektromagnetická kompatibilita
<b>PNE</b>	Podnikové normy energetiky
<b>PQ</b>	Power Quality
<b>IEC</b>	Mezinárodní normy
<b>HDO</b>	Hromadné dálkové ovládání
<b>SW</b>	Software
<b>MT</b>	Měřicí transformátor
<b>TDDi</b>	Činitel harmonického zkreslení proudů
<b>Prel</b>	Relativní výkon [%].
<b>ERÚ</b>	Energetický regulační úřad
<b>RAM</b>	Paměť s přímým výběrem (přístupem).
<b>min.</b>	Minimum.
<b>max.</b>	Maximum.
<b>nn</b>	Nízké napětí (do 1 kV).
<b>vn</b>	Vysoké napětí (od 1 kV do 35 kV).

# Obsah:

<b>1. Úvod</b>	1
<b>2. Definice důležitých pojmů</b>	1
2.1. Podle ČSN EN 50160	1
2.2. Podle ČSN EN 1000 - 2 – 4	2
2.3. Podle IEC 60050 – 161	2
<b>3. Nepříznivé vlivy na kvalitu napětí v distribučních sítích</b>	3
3.1. Nízkofrekvenční rušení	3
3.1.1. Harmonické frekvence	3
3.1.2. Kolísání napětí flickr	4
3.1.3. Nesymetrie napětí	6
<b>4. Popis jednotlivých měřících aparátů</b>	6
4.1. Analyzátor sítí BK – ELCOM v provedení ENA 500	6
4.2. Přenosný Power Quality monitor Meg 30	8
4.3. Monitory distribučních sítí MDS 5 a MDS – U	12
<b>5. Specifikace databáze</b>	14
5.1. Přístup do databáze	14
5.2. Softwarové a hardwarové nároky	14
5.3. Schéma databáze	15
5.4. Uživatelské role v systému	16
5.5. Import dat	16
5.6. Ukázka funkčnosti databáze	18
<b>6. Závěr</b>	26
<b>7. Literatura</b>	27

## 1.Úvod:

Na fakultě elektrotechniky a informatiky VŠB se v současnosti vyvíjí databáze ELCO (Electric Load COurses) jejímž smyslem je sdružovat měření ze všech oblastí výroby, přenosu, distribuce a užití elektrické energie. Databáze umožňuje uživatelům nahlédnout do složitých dějů, které se vyskytují v elektrizační soustavě bez toho, aby byli nuceni sami tyto děje měřit. Prvotním záměrem projektu databáze je vytvoření základny pro vědeckou práci, kdy bude možné sdílet naměřená data mezi různými pracovišti, provádět porovnávání s dříve naměřenými vzorovými průběhy a, v neposlední řadě, vytvářet si průběhy vlastní na základě skládání průběhů podobných typů (například vytvoření průběhu zatížení transformátorů, kdy si složíme typické průběhy jednotlivých odběrných míst, které jsou na něj napojeny). Hlavní využití databáze bude při řešení úloh optimalizace chodu elektroenergetických sítí v souvislosti s připojováním obnovitelných zdrojů. Dále bude tento soubor dat využíván při spolehlivostních optimalizacích. Druhotným cílem je využití ve výuce, kdy si studenti budou moci samostatně stáhnout balík naměřených dat, který budou dále zpracovávat, nebo se budou moci učit na "živých" příkladech z praxe.

Téma bakalářské práce jsem si vybral z důvodu naměřených dat v distribuční soustavě, které využívám a zpracovávám ve své profesi. Bakalářskou práci jsem rozdělil do tří tematických částí, první je popis některých důležitých parametrů určující kvalitu elektrické energie dle ČSN EN 50160 včetně popisu některých rušivých vlivů na kvalitu elektřiny, druhá část je zaměřena na popis měřicích přístrojů používaných v praxi u provozovatelů distribučních soustav v České republice a třetí část je zaměřena na samotné exportování dat z měřicího přístroje upravení do formátu csv a importování do databáze, ukázka zobrazení průběhů s možností porovnávání jednotlivých veličin z několika měření.

## 2.Definice důležitých pojmů

### 2.1 Dle ČSN EN 50160:

- odběratel: zákazník kupující elektrickou energii od dodavatele této energie.
- dodavatel: smluvní strana, která poskytuje elektrickou energii prostřednictvím veřejné distribuční sítě.
- napájecí napětí: efektivní hodnota napětí v dané době v předávacím místě, měřená po dobu daného intervalu.
- předávací místo: bod připojení zařízení odběratele k distribuční soustavě.
- jmenovité napětí sítě ( $U_n$ ): napětí, podle kterého je síť navržena nebo označena a k němuž se vztahují některé provozní charakteristiky.
- dohodnuté napájecí napětí ( $U_c$ ): je normálně jmenovité napětí soustavy ( $U_n$ ); je – li na základě dohody mezi dodavatelem a odběratelem přivedeno do předávacího místa napětí odlišné od jmenovitého napětí, pak toto napětí je nazýváno dohodnuté napájecí napětí ( $U_c$ ).
- nízké napětí (zkratka:nn): pro účely normy ČSN EN 50160 napětí, používané pro dodávku elektrické energie, jehož jmenovitá efektivní hodnota nepřevyšuje 1kV.
- vysoké napětí (zkratka:vn): pro účely normy ČSN EN 50160 napětí, používané pro dodávku elektrické energie, jehož jmenovitá efektivní hodnota leží mezi 1 kV a 35 kV.
- změna napětí: nárůst nebo pokles napětí obvykle způsobený proměnlivostí celkového zatížení distribuční sítě nebo její části.

- rychlá změna napětí: jednotlivá rychlá změna efektivní hodnoty napětí mezi dvěma nebo více po sobě následujícími úrovněmi napětí, které trvají určitou dobu, avšak nestanovenou dobu.
- normální provozní podmínky: provozní stav distribuční soustavy, která splňuje požadavky na zatížení, spínání v soustavě a odstraňování poruch automatickými ochrannými systémy, bez výskytu neobvyklých stavů způsobených vnějšími vlivy nebo závažnými událostmi.
- rušení šířené vedením: elektromagnetický jev šířící se po vodičích vedení distribuční sítě; v některých případech se elektromagnetický jev šíří přes vinutí transformátoru a tudíž mezi sítěmi různých napěťových úrovní; tato rušení mohou zhoršovat funkci přístrojů, zařízení nebo systému nebo mohou způsobit jeho poškození.
- kmitočet napájecího napětí: kmitočet opakování základní vlny napájecího napětí měřený po dobu daného časového intervalu.
- kolísání napětí: řada změn napětí nebo cyklická změna obálky napětí.
- flikr: vjem nestálosti zrakového vnímání vyvolaný světelným podnětem, jehož jas nebo spektrální složení kolísá v čase.
- míra vjemu flikru: intenzita nepříjemnosti flikru definovaná měřicí metodou flikru a vyhodnocená následujícími veličinami:
  - krátkodobá míra vjemu ( $P_{st}$ ) je měřena po dobu deseti minut;
  - dlouhodobá míra vjemu ( $Plt$ ) je vypočítána z posloupnosti dvanácti hodnot  $P_{st}$  po dobu dvouhodinového intervalu
- harmonické napětí: sinusové napětí s kmitočtem rovným celistvému násobku základního kmitočtu napájecího napětí.
- mezipharmonické napětí: sinusové napětí s kmitočtem ležícím mezi harmonickými, tzn. kmitočet není celistvým násobkem základního kmitočtu síťového napětí.
- nesymetrie napětí: stav trojfázové sítě, při kterém efektivní hodnoty fázových napětí nebo rozdíly fázových úhlů mezi po sobě jdoucími fázemi nejsou stejné. [1]

## 2.2 Podle ČSN EN 1000-2-4:

- elektromagnetická kompatibilita (EMC): schopnost zařízení nebo systému fungovat vyhovujícím způsobem ve svém elektromagnetickém prostředí bez vytváření nepřipustného elektromagnetického rušení čehokoliv v tomto prostředí.
- elektromagnetická kompatibilní úroveň: předepsaná maximální úroveň elektromagnetického rušení, o němž se předpokládá, že bude ovlivňovat přístroje, zařízení nebo systémy provozované v konkrétních podmínkách.

## 2.3 Dle IEC 60050-161:

- elektromagnetické rušení: jakýkoliv elektromagnetický jev, který může zhoršit provoz přístroje, zařízení nebo systému anebo nepříznivě ovlivnit živou nebo neživou hmotu.
- energetické rušení: jakýkoliv elektromagnetický jev, který se šíří vedením v energetické rozvodné síti a který může zhoršit provoz přístroje, zařízení nebo systému připojeného do této sítě anebo nepříznivě ovlivnit živou nebo neživou hmotu.
- celková úroveň rušení: úroveň daného elektromagnetického rušení způsobeného superpozicí emisí ze všech jednotlivých zařízení dané sítě.
- elektromagnetická interference: zhoršení činnosti zařízení, přenosového kanálu nebo systému způsobené elektromagnetickým rušením.



### 3. Nepříznivé vlivy na kvalitu napětí v distribučních sítích energetiky

Evropská norma EN 50160 uvádí hlavní charakteristiky napětí v místech připojení odběratelů z veřejných distribučních sítí nízkého a vysokého napětí za normálních provozních podmínek. Tato norma se nevztahuje na mimořádné provozní podmínky, které jsou v této normě vyjmenovány.

Norma udává meze nebo hodnoty charakteristických hodnot napětí, jaké může za normálních provozních podmínek očekávat kterýkoliv odběratel, nepopisuje typickou situaci pro odběratele připojeného na distribuční soustavu.

Typické parametry napětí podle normy EN 50160 jsou: kmitočet sítě, velikost napětí, odchylky napětí, kolísání napětí, krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušení napětí, dlouhodobá přerušení napětí, dočasná přepětí síťového kmitočtu, přechodná přepětí, nesymetrie, harmonické, mezipharmonické a napětí síťových signálů. S ohledem na užití elektřiny je žádoucí, aby napájecí napětí bylo střídavé s konstantním kmitočtem, se sinusovým tvarem vlny a s konstantní amplitudou. V praxi však existuje mnoho faktorů, které způsobují odchylky:

- nízkofrekvenční rušení
- přechodové jevy šířené vedením a vysokofrekvenční rušení
- elektrostatická rušení
- magnetická rušení
- elektromagnetická rušení

#### 3.1 Nízkofrekvenční rušení

Jedná se o rušení o kmitočtech 0 – 2000 Hz a náleží zde:

- harmonické frekvence – krátkodobé a dlouhodobé působení napětí až do 40. harmonické.
- mezipharmonické frekvence – proměnná amplituda napájecího napětí způsobována především obloukovými pecemi a statickými měniči.
- kolísání napětí (flickr) – rychlé změny amplitudy napájecího napětí, a to změny náhodné, jednorázové (zapnutí spotřebiče) a skokové (přepínání odboček transformátorů).

##### 3.1.1 Harmonické frekvence

Harmonické složky proudu nebo napětí jsou složkami Fourierovy řady, které popisují deformovanou sinusovku napětí nebo proudu. Základní složkou je frekvence sítě, složkami vyššího řádu se při použití pojmu harmonické rozumí převážně liché násobky základní frekvence (50 Hz). Obecně vznikají harmonické v nelineárních obvodech.

Zdrojem harmonických jsou obvykle nelineární spotřebiče (všechny spotřebiče, jejichž impedance není čistě odporová). Jsou to například tyristorové usměrňovače a všechny polovodičové součástky, u nichž dochází ke spínání v různých bodech křivky napětí nebo zařízení využívající elektrického oblouku (el. obloukové pece, svářečky, atd.).

Harmonickou analýzou deformované křivky proudu i zjistíme mimo základní frekvenci i1 ještě další liché násobky, z nichž nejvýraznější je 3. harmonická složka i3. Úbytkem napětí na impedanci přívodu k nelineárnímu spotřebiči pak dojde k deformaci křivky napětí i směrem dál do napájecí sítě.

Rozlišujeme tři druhy analýzy harmonické:

- úplná - určuje amplitudu a fázi všech harmonických.
- neúplná - určuje amplitudy harmonických s největší amplitudou nebo velikost základní harmonické.

Pro posouzení obsahu harmonických se definuje podle ČSN IEC 60050-551:

- (celkové) harmonické zkreslení – THD (total harmonic distortion) – poměr efektivní hodnoty obsahu harmonických střídavé veličiny k efektivní hodnotě základní harmonické této veličiny[1].

$$THD = \sqrt[3]{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2} \quad (3.1)$$

### 3.1.2 Kolísání napětí (flikr)

Kolísání napětí je definováno jako řada změn napětí nebo spojitá změna efektivní nebo maximální hodnoty napětí. Je to druh rušení, který je pro své fyziologické účinky nejvíce v povědomí, zejména ve sféře maloodběratelů. Přenáší se jak z vyšších napětíových hladin vlivem těžkého průmyslu, tak vzniká i v síti nn připojováním spotřebičů s rychle proměnným výkonem, například klempířské dílny. Rychlé periodické změny napětí, které nazýváme kolísání napětí, způsobují jev zvaný flikr. Flikr se projevuje změnou zrakového vnímání, která ruší člověka při jeho činnosti. Tyto změny jsou vyvolány časovými změnami světelného toku vlivem rychlých změn napětí. Charakteristické parametry napětí podle normy EN 50160 jsou uvedeny v PNE 33 3430-7. Charakteristické parametry týkající se kolísání napětí jsou uváděny pod názvem rychlé změny napájecího napětí.

V sítích vn rychlé změny napětí všeobecně nepřekračují 4 %  $U_N$ , za určitých okolností se však mohou několikrát denně vyskytnout změny až do 6 %  $U_N$ . Přitom změna napětí, která vyvolá snížení napětí pod 90 %  $U_N$  se považuje za pokles napětí (viz PNE 33 3430-4).

Norma EN 50160 uvádí, že za normálních provozních podmínek musí být po 95 % času, v libovolném týdenním období, dlouhodobá míra vjemu flikru musí být menší nebo rovna jedné.

Protože flikr je náhodná veličina vlivem stochastických změn zatížení, předpokládáme, že během sledované periody (v uvažovaném časovém intervalu) se může hodnota flikru měnit v širokém intervalu a nepředvídatelně. Je nezbytné nejen zjistit nejvyšší hodnotu, ale i v kolika procentech překročí hodnota flikru určitou úroveň během sledované periody.

Krátkodobá míra vjemu blikání  $P_{st}$  - její vyhodnocení je založeno na periodě pozorování  $T_{st} = 10$  min.

Podle normy je definován vztah pro  $P_{st}$

$$P_{st} = \sqrt{K_1 P_1 + K_2 P_2 + \dots + K_n P_n} \quad (3.2)$$

Kde:  $K_1$  až  $K_n$  ...váhové koeficienty

$P_1$  až  $P_n$ ...úrovně překročení v distribuční funkci (percentily)

Podle IEC je definováno 5 úrovní

$P_{0,1}$ ;  $P_1$ ;  $P_3$ ;  $P_{10}$ ;  $P_{50}$  jsou úrovně flickrů překročené po 0,1;1;3;10 a 50% doby během periody pozorování.

$K_{0,1}$ ;  $K_1$ ;  $K_3$ ;  $K_{10}$ ;  $K_{50}$  jsou odpovídající váhové koeficienty:

$K_{0,1}$  pro úroveň 0,1% = 0,0314

$K_1$  pro úroveň 1% = 0,0525

$K_3$  pro úroveň 3% = 0,0657

$K_{10}$  pro úroveň 10% = 0,28

$K_{50}$  pro úroveň 50% = 0,08

Aby se zamezilo nestabilitě (vlivem konstantního rušení ze zátěží) při výpočtu, byly pro výpočet zavedeny tzv. vyhlazené percentily  $P_{0,1S}$ ;  $P_{1S}$ ;  $P_{3S}$ ;  $P_{10S}$ ;  $P_{50S}$  podle vztahů:

$$\begin{aligned} P_{0,1S} &= P_{0,1} \\ P_{1S} &= \frac{P_{0,7} + P_1 + P_{1,5}}{3} \\ P_{3S} &= \frac{P_{2,2} + P_3 + P_4}{3} \\ P_{10S} &= \frac{P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17}}{5} \\ P_{50S} &= \frac{P_{30} + P_{50} + P_{80}}{3} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Dlouhodobá míra vjemu blikání  $P_{lt}$  je vypočítána z posloupnosti dvanácti hodnot  $P_{st}$  po dobu dvouhodinového intervalu pomocí následujícího vztahu

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}} \quad (3.4)$$

Hodnota  $P_{lt}$  nemá být za normálních provozních podmínek pro 95% času v jakémkoliv časovém úseku jednoho týdne větší než 1. [1]

### 3.1.3 Nesymetrie napětí

Podle ČSN EN 50160 je nesymetrie napětí definována jako stav trojfázové sítě, při kterém efektivní hodnoty fázových napětí nebo rozdíly fázových úhlů mezi po sobě jdoucími fázemi nejsou stejné. Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95% desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky napájecího napětí v rozsahu 0% až 2% sousledné složky. V některých oblastech, v nichž jsou instalace odběratelů částečně připojeny jednofázově nebo dvoufázově se vyskytují v odběrných místech nesymetrie až do asi 3%.

Nesymetrii dělíme na:

- Amplitudovou - různé amplitudy v různých fázích
- Fázovou - rozdíly fázových úhlů nejsou stejné
- Obecnou - pokud dochází jak k amplitudové, tak k fázové nesymetrii

Nesymetrie napětí je definována poměrem zpětné a sousledné složky napětí rozloženého na souměrné složky. [1]

## 4. Popis jednotlivých měřících aparátů

### 4.1 Analyzátor sítí BK-ELCOM v provedení ENA500:



Obr. 1 Analyzátor sítí ENA 500

Model ENA500 se vyznačuje velmi robustní konstrukcí v hliníkové skříni a volitelným počtem analyzovaných napětí a proudů pro monitoring na několika 3-fázových soustavách současně jediným přístrojem. Volitelně lze k ENA500 připojit modul externích digitálních vstupů ENA-DI (16 nebo 32 DI). Digitální vstupy jsou vzorkovány synchronně s analogovými vstupy. Moduly firmwaru BK-Node "zapisovač poruch" a "zapisovač tranzientů" mohou triggrovat a ukládat analogové vstupy současně s digitálními.

ENA500 je ideálním mobilním prostředkem pro monitorování jedné nebo více 3-fázových soustav jedním přístrojem.

#### Software - BK-Report - Zpracování naměřených dat

BK-Report je komfortní nástroj pro zobrazení, porovnání, statistické zpracování, tisk protokolů a export dat uložených během měření analyzátorů BK-ELCOM. Data mohou být analyzována v časové oblasti, ve frekvenční oblasti, je k dispozici statistická analýza a speciální analýza dle EN50160. Protokoly z měření mohou být tištěny nebo uloženy do BMP a HTML. V případě potřeby je možné data exportovat do ASCII. BK-Report je naimplementován jako klient-server aplikace a proto mohou být data zpracovávány lokálně nebo vzdáleně. [4]

Analyzátor ENA500 splňuje požadavky normy ČSN EN 61000-4-30 pro přístroj třídy A.

Dostupné varianty přístroje:

- 1x 4U + 1x 4I
- 1x 4U + 3x 4I
- 2x 4U + 2x 4I
- 1x 3U + 4x 3I

#### **Technická specifikace:**

##### Všeobecně

Intervaly ukládání: k\*0,2s/ 3s/ k\*1min/ 10min/ 15min/ 2h

Pracovní teplota: -25 až +50°C

Skladování: -30 až +80°C

Rozměry: 120(170) x 340 x 300mm (v x š x h)

Hmotnost: 7kg

##### Napět'ové vstupy

Počet vstupů: volitelně 1x4, 2x4, 5x3

Vstupní rozsahy: 450V, 250V, 110V, 65V (RMS)

Šířka pásma: 45Hz až 2,5kHz

Vstupní impedance: 200kOhm, 10pF

Izolační pevnost: 4,2kV RMS, 50Hz, 1min

Přesnost: +/-0,1%

Zapojení: 1-fázové, 3-fázové, 3-fázové + N, hvězda, trojúhelník

### Proudové vstupy

Počet vstupů: volitelně 1x4, 2x4, 3x4, 5x3, 4x3

Vstupní rozsah dle použitých proudových kleští

Šířka pásma: 45Hz až 2,5kHz

Přesnost:  $\pm 0,1\%$

### Normy

Bezpečnost: ČSN EN 60950

EMC: ČSN EN 61000-6-2, ČSN EN 61000-4-2 až 6

Pro analýzu: ČSN EN 50160, ČSN EN 61000-4-7,

ČSN EN 61000-4-15, ČSN EN 61000-4-30

### Hardware

Operační paměť: 512MB RAM

Procesor: Intel® Pentium® M

HDD: 40GB

Displej Volitelný, připojitelný přes VGA rozhraní

Rozhraní: VGA, 2xUSB, RS232, RS485, Ethernet

A/D převodník 16 bitů

Vzorkovací frekvence: 9600S/s, 19200S/s, 38400S/s

Napájení: 180 až 265V AC, 47 až 63Hz

Příkon: 100VA [4]

## **4.2 Přenosný Power Quality monitor MEg30:**

Meg 30 je určen pro měření všech parametrů kvality napětí dle ČSN EN 50160 v nn sítích včetně záznamů časových průběhů. Monitor měří i při výpadku napájení. Monitor MEg30 má 4 napěťové vstupy a slouží k měření čtyř napětí a čtyř proudů, činných a jalových výkonů a energií. Vyhodnocuje průběhy událostí na napětí a prouděch. Naměřené hodnoty analyzuje v souladu se standardem ČSN EN 61000-4-30, podle konkrétních potřeb lze naprogramovat i specializovaná vyhodnocení. Přenosné PQ monitory MEg30 umožňují identifikaci směru místa vzniku problému s kvalitou napětí.

PQ monitor je multifunkční měřicí přístroj pro měření a dlouhodobý záznam až čtyř napětí a čtyř proudů, činných i jalových výkonu a energií v trojfázových čtyřvodičových i pětivodičových nn sítích i v sítích vn a vvn. V souladu s normou CSN EN 50160 a dle metod mezinárodního standardu IEC 61000-4-30 analyzuje všechny parametry kvality napětí na vstupech U1, U2 a U3.

Na všech čtyřech napětích registruje události (poklesy, překročení napětí a přerušení napětí), přičemž zaznamenává nejen normou definované charakteristiky událostí na napětích, ale i průběhy všech čtyř napětí i čtyř proudů na počátku a na konci každé události, tzv. počáteční a koncový detail. počáteční detail události zahrnuje i časový úsek události předcházející a koncový detail zahrnuje i časový úsek následující po události.

Na základě změřených průběhu proudu umožňuje PQ monitor určení směru vzniku události i flikru. Schopností měření i malých napětí je PQ monitor připraven také k monitorování napětí mezi středním vodičem a zemí. PQ monitor umožňuje na svém čtvrtém proudovém vstupu měření a harmonickou analýzu proudu středního vodice. Variabilně lze čtvrtý proudový vstup s použitím odpovídajícího senzoru použít i pro měření jiných fyzikálních veličin pro měření teploty.

PQ monitor je vybaven galvanicky odděleným synchronizačním vstupem, jehož změna stavu může být také registrována jako událost, což umožňuje externí synchronizaci záznamu průběhu všech napětí i všech proudu a vzájemnou synchronizaci sestavy více PQ monitoru. PQ monitor má na svém výstupu přepínací kontakt polarizovaného relé s programovatelným přiřazením významu signalizace.

PQ monitory v provedení pro pevnou montáž se vyrábí s proudovými vstupy 5 A, 1 A nebo speciálním proudovým vstupem. Především konstrukční provedení s proudovými vstupy 5 A nebo 1 A jsou vhodná pro přesná měření elektrických energií. Pro dodatečnou trvalou instalaci PQ monitoru do již provozovaných stanic lze s výhodou použít proudové transformátory s dělenými jádry MEgMT vyrobené dle patentu č. 286255. V případě požadavku lze dodat i pevná provedení PQ monitoru s flexibilními snímací proudu AMOS. Všechna konstrukční provedení PQ monitoru pro měření v nn sítích mají trojfázové napájení z měřených napětí U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> a U<sub>3</sub>. Z důvodu zamezení degradace přesnosti a věrohodnosti měřených parametrů kvality napětí se u provedení PQ monitoru pro měření ve vn sítích s různorodými měřicími transformátory napětí používá jednofázové externí napájení. Lze je však dodat i v provedení s napájením z měřených napětí. Každé konstrukční provedení PQ monitoru je vybaveno vnitřním záložním akumulátorem, který umožní až 5 minut provozu PQ monitoru bez vnějšího napájení.

Měřicí rozsahy fázových napětí PQ monitoru pro síť nn jsou od 0 V EU do 440 V ef a pro síť vn jsou od 0 V ef do 140 V ef, přičemž výpočetně je možné registrovat i analyzovat také napětí sdružená.

Základem všech provedení PQ monitoru je signálový procesor s rozsáhlou nedestruktivní datovou pamětí. Podstatnou charakteristikou PQ monitoru je paralelní a kontinuální činnost všech medicích, vizualizačních i komunikačních funkcí. Vysokou přesnost a nezávislost na provozních podmínkách zaručuje kvalitní A/D převodník s minimalizovaným rozsahem analogových obvodu a výpočetní korekcí chyb celého měřicího řetězce. Přenosný PQ monitor je uzpůsoben ke snadné obsluze a manipulaci, bezpečnému provozu. Vlastní měření probíhá pomocí klešťových nebo flexibilních snímačů. Přístroje s minimálními rozměry jsou chráněny v robustní, nevodivé a zhášecí skřínce. [3]

#### Princip měření a zpracování dat, organizace datové paměti.

Základem měření čtyř napětí a čtyř proudů je jejich vzorkování frekvencí 5120 Hz zavěšenou na frekvenci měřeného napětí. V průběhu bez prodlev navazujících oken délky 200 ms se vždy vzorkuje 1024 hodnot s rozlišením 14 bitů, z nichž se po transformaci do frekvenční oblasti spočítá 512 komplexních harmonických složek s krokem 5 Hz, z hlediska násobku 50 Hz tedy 51 harmonických složek a 461 složek meziharmonických. Výpočet velikostí napětí U<sub>1</sub> až U<sub>4</sub>, proudů I<sub>1</sub> až I<sub>4</sub>, "řídících signálů" (HDO), se provádí z absolutních hodnot úplného spektra. Činné a jalové výkony jednotlivých složek, stejně jako nesymetrie, jsou počítány z komplexních složek.

Data z kanálů U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> a U<sub>3</sub> pro vyhodnocení událostí a flikru na napětích jsou zpracovávána v časové oblasti. Každých 10 ms se počítá kvadrát pravé efektivní hodnoty za dobu uplynulé periody (20 ms). Z dat kanálu U<sub>1</sub> se počítá frekvence.

Při výpočtech se používají korekce ss složek i korekce zesílení snímačů proudů, napěťových a proudových měřicích kanálů i frekvenčních charakteristik, včetně korekcí případných fázových

posuvů mezi jednotlivými měřicími kanály. Tabulky kalibračních konstant jsou součástí konfigurace.

Nedestruktivní datová paměť typu FLASH o rozsahu 2 MB (4 MB - option) je rozdělena do efektivních hodnot měřených napětí, proudů a výkonů v komplexním tvaru. Do druhé oblasti se ukládají detailní data o kvalitě napětí uplynulého týdne. Třetí datová oblast obsahuje unifikovaná data s přehledem událostí dle metodiky ČSN EN 50160 a čtvrtá datová oblast obsahuje detailní záznam průběhů efektivních hodnot půlperiod napětí U1, U2, U3, U4 a proudů I1, I2, I3, I4. Pátá datová oblast je určena pěti kruhově organizovaných oblastí. První oblast je určena pro záznam časového průběhu pro komprimovaná týdenní data o kvalitě. Základní nastavení rozsahů kruhově organizovaných oblastí paměti o velikosti 2 MB je určeno takto:

- záznam průměrných efektivních hodnot čtyř napětí, čtyř proudů a tří reálných a tří imaginárních složek výkonů; při záznamu s krokem 1 min postačí datová paměť na záznam po dobu 30ti dnů,
- záznam přehledu událostí s kapacitou více než 910 událostí,
- záznam detailního průběhu událostí u více než 180 posledních událostí,
- záznam komprimovaných týdenních dat po dobu delší než 52 týdnů.

### Funkce monitoru

Ve funkci monitoru se zaznamenávají průměrné efektivní hodnoty ze všech period v průběhu zvoleného kroku. Podle zadání se zaznamenávají průměrné hodnoty až všech čtyř napětí, čtyř proudů a tří činných i jalových výkonů (U1, I1), (U2,I2), (U3,I3). Na základě těchto zaznamenaných dat se ve vyšším SW počítají skutečné účinníky i energie. Při instalaci vhodného senzoru lze místo proudu I4 zaznamenávat i jinou fyzikální veličinu např. teplotu. Funkce kvality napětí (monitor typu QN).

Zde se zaznamenávají desetiminutové údaje: [3]

- průměrná frekvence, maximální a minimální 10s frekvence odvozená z U1,
- počty překročení desetisekundových hodnot frekvence čtyř normou ČSN EN 50160 definovaných mezí,
- hodnoty nesymetrií napětí počítané ze zpětné a sousledné složky napětí i z napětí sdružených,
- průměrné a maximální efektivní hodnoty napětí U1 až U4 i proudů I1 až I4, minimální hodnoty napětí U1 až U4 z 0,2 s dlouhých oken,
- průměrné hodnoty pěti vybraných harmonických složek napětí U1 až U4 a proudů I1 až I4 v rozsahu 2. až 51. harmonické,
- průměrné hodnoty základní harmonické napětí U1 až U4 a proudů I1 až I4,
- hodnoty U<sub>max</sub> 95 a U<sub>min</sub> 95 napětí U1 až U3,
- hodnoty flikru P<sub>st</sub> napětí U1 až U3,
- velikost THD napětí U1 až U3 ve vztahu k harmonickým i ve vztahu ke všem meziharmonickým složkám,
- velikosti signálů HDO na napětích U1 až U3,
- souhrnná doba poklesů, překročení a přerušení napětí U1 až U3.
- Funkci kvality napětí lze použít i při jednofázovém nebo dvojfázovém měření.

Zaznamenaná data umožňují nejen podrobný přehled o parametrech kvality napětí za uplynulý týden, ale i při vyhodnocení kvality se změněnými požadavky norem.



### Funkce záznamu událostí (statistický voltmetr událostí)

Funkce záznamu událostí operuje nad veličinami  $U_1$  až  $U_3$  a  $I_1$  až  $I_3$ . Každá nová událost je zaznamenána do přehledu událostí i do detailního záznamu.

Přehled událostí obsahuje vedle normou ČSN EN 50160 unifikovaných parametrů události tj. času vzniku a ukončení události s rozlišením na 10ms, hodnoty maximálních odchylek napětí  $U_1$  až  $U_3$  od jmenovité hodnoty.

Detailní záznam události obsahuje průběhy efektivních hodnot počítaných vždy po 10ms za uplynulých 20 ms pro napětí  $U_1$  až  $U_3$  a proudy  $I_1$  až  $I_3$ . Celková doba záznamu počátečního detailu události je 0,6 s, z toho před vznikem události je zaznamenán interval o délce 0,2 s, celková doba záznamu závěrečného detailu události je 0,6 s, z toho po ukončení události je zaznamenán interval o délce 0,2 s. [3]



Obr.2 PQ monitor Meg 30

### 4.3 Monitory distribučních sítí MDS5 a MDS-U

Monitor měří, předzpracovává a zaznamenává hodnoty napětí, proudů a účinníků v sítích nn, vn (pouze MDS-U) i vvn (pouze MDS-U). Dále umožňuje měření signálů obsažených v síťovém napětí, jejichž frekvence spadá do frekvenčního rozsahu HDO, příjem telegramů HDO a měření maximální a minimální velikosti impulsů telegramů HDO ve všech třech fázích. Uživatelskými programovými prostředky lze na PC v prostředí WINDOWS zobrazit jak časové průběhy změřených i vypočítaných veličin, tak i jejich statistiky. Monitor je automaticky pracující provozní měřicí přístroj určený pro nepřetržité měření veličin a sledování vysílání HDO. Změřené hodnoty jsou zaznamenávány do kruhově organizované, nedestruktivní FEPRAM paměti s kapacitou 512 kB. Je vybaven zesilovačem pro měření proudů Rogowski snímači.

Monitory se vyznačují malými rozměry a pro měření v energetice vhodnou, robustní a bezpečnou konstrukcí. [5]

#### Měřené veličiny:

- 3 střídavá napětí
- 3 střídavé proudy
- 3 účinníky
- 1 teplota
- výpadky napájení
- 3 složky napětí o frekvenci HDO \*)
- 1 složka napětí o frekvenci HDO \*\*)
- maximální a minimální velikosti telegramů HDO až ve 3 fázích\*\*)
- příjem telegramu HDO \*\*)

měří buď \*) nebo \*\*)

#### Vypočítané veličiny:

- činné výkony, výkony jalové induktivní i kapacitní
- činné energie, jalové induktivní a jalové kapacitní energie
- výpočet amplitudy a fáze proudu nulovým vodičem

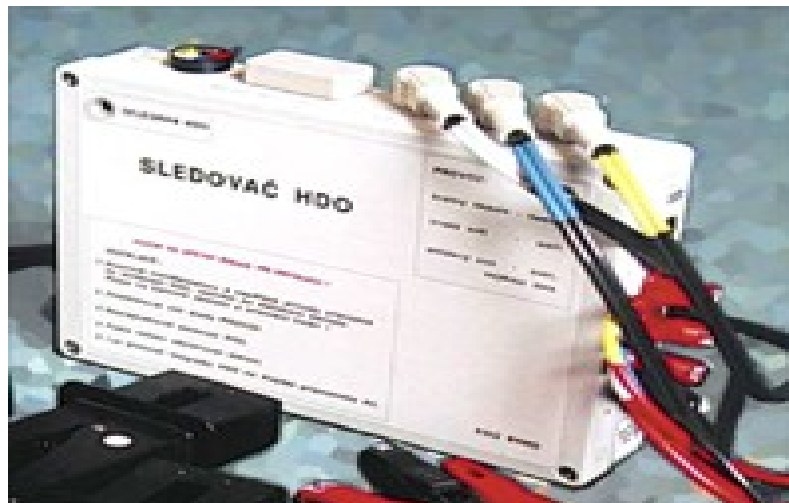
#### Rozsahy, přesnosti měření:

- Napětí: měří TRMS
- $U_{jm} = 230 \text{ V} / 100 \text{ V}$
- měřicí rozsah:  $0 U_n - 1,2 U_n$
- přesnost:  $1 \% U_n + 1 \text{ digit}$ .
- rozlišení: do  $0,8 U_n$  je  $1 \text{ digit} = 2,24 \text{ V}$ 
  - od  $0,8 U_n$  do  $1,2 U_n$  je  $1 \text{ digit} = 0,56 \text{ V}$
- pojistky napěťových vstupů jsou : F 200mA / 250V
- Proud: měří TRMS
- $I_{jm}$  podle použitého proudového snímače. měřicí rozsah -  $0 I_{jm}$  až  $1,3 I_{jm}$  přesnost:  $1 \% + 1 \text{ digit}$ . rozlišení:  $- 1 \text{ digit} = 0,52 \% I_{jm}$
- Měřicí klešťový transformátor MT PRYM  $I_{jm} = 1 \text{ A}, 5 \text{ A}, 30 \text{ A}, 150 \text{ A}$  měřicí rozsah:  $0 I_{jm} - 1,3 I_{jm}$  přesnost :  $1 \% I_{jm}$

- Měřicí klešťový transformátor MT 100A, MT 300A, MT 600A, MT 1000A měřicí rozsah: 0 I<sub>jm</sub> - 1,3 I<sub>jm</sub> přesnost : 1% I<sub>jm</sub>
- Rogowski snímač s redukcí 100A, 300A, 600A, 1000A měřicí rozsah: 0 I<sub>jm</sub> - 1,3 I<sub>jm</sub> přesnost : 1% I<sub>jm</sub>
- Účíník: průměr z rozdílu osmi průchodů nulou napětí a proudu. rozsah měření 0° až 359° přesnost měření - 1 %
- při napětí 0,8 U<sub>jm</sub> až 1,2 U<sub>jm</sub> při proudu 0,1 I<sub>jm</sub> až 1,3 I<sub>jm</sub>
- Teplota: rozsah měření od - 30°C do 100°C ,
- přesnost měření - 2°C
- Záznam výpadků napájení:
- při poklesu napáj. napětí pod 172 V po dobu nejméně 1 s.
- Signál HDO: jeden pevný kmitočet
- (216 2/3 Hz, 283 Hz, 425 Hz, 760 Hz, 1060 Hz) přesnost měření - 5 % příjem telegramů typu I-I a I-M
- Časový údaj: přesnost ±15 s za 1 týden

#### Pracovní podmínky

- Referenční teplota: 23°C Pracovní teplota: -20°C až +60°C
- Maximální dovolená teplota klešťových transformátorů je 120°C, Rogowski snímačů je 80°C. Pracovní poloha: libovolná, přednostně svislá Napájení: MDS-U - samostatný vstup
- MDS5 - z měřicího vstupu napětí L1 Unapáj = 175 V až 260 V, f = 50 H
- Příkon: 3 W
- Doba náběhu: menší než 5 s. [5]



Obr.3 Monitor MDS 5

## 5. Specifikace databáze

### 5.1 Přístup do databáze

Databáze má obsahovat jak modelové průběhy, které budou volně přístupné, například pro studenty, tak i průběhy neveřejné, například pro sdílení jen mezi některými pracovišti. Jsou definovány tyto třídy uživatelů:

- HOST – může prohlížet a stahovat data, která jsou specifikována jako volně přístupná
- VLASTNÍK – jako HOST, navíc může prohlížet svoje průběhy, nahrávat svoje průběhy ke schválení a žádat o vymazání průběhů. Jedno měření může mít přiřazeno více vlastníků, aby bylo umožněno sdílení dat mezi různými pracovišti.
- SPRÁVCE – Spravuje databázi, má právo prohlížet, přidávat, schvalovat, mazat průběhy. Zakládá a odebírá nové VLASTNÍKY, může měnit hesla.

### 5.2 Softwarové a hardwarové nároky

Uživatel - Uživatel přistupuje k rozhraní systému prostřednictvím webového prohlížeče, z pohledu uživatele představuje systém webovou aplikaci. Pro bezproblémové zobrazení je nutný internetový prohlížeč a připojení do internetu či intranetu s přístupem k serveru.

- IE 6 a vyšší
- Mozilla Firefox a odvozené prohlížeče
- Opera 8 a vyšší

Server - Na straně serveru je aplikace realizována jako ASP.NET webová aplikace s databázovým úložištěm. Pro provoz aplikace je nutný následující software:

- MS Windows XP Professional /MS Windows Vista Business nebo vyšší edice / MS Windows Server 2000 / MS Windows Server 2003 / MS Windows Server 2008
- MS SQL Server 2005 Express Edition with Advanced service
- IIS 6 – webový server (Windows XP, Windows Server 2000, Windows Server 2003)/ IIS 7 (Windows Vista nebo Windows 2008 Server)
- ASP.NET Framework 2.0
- ASP.NET Ajax Extension 1.0

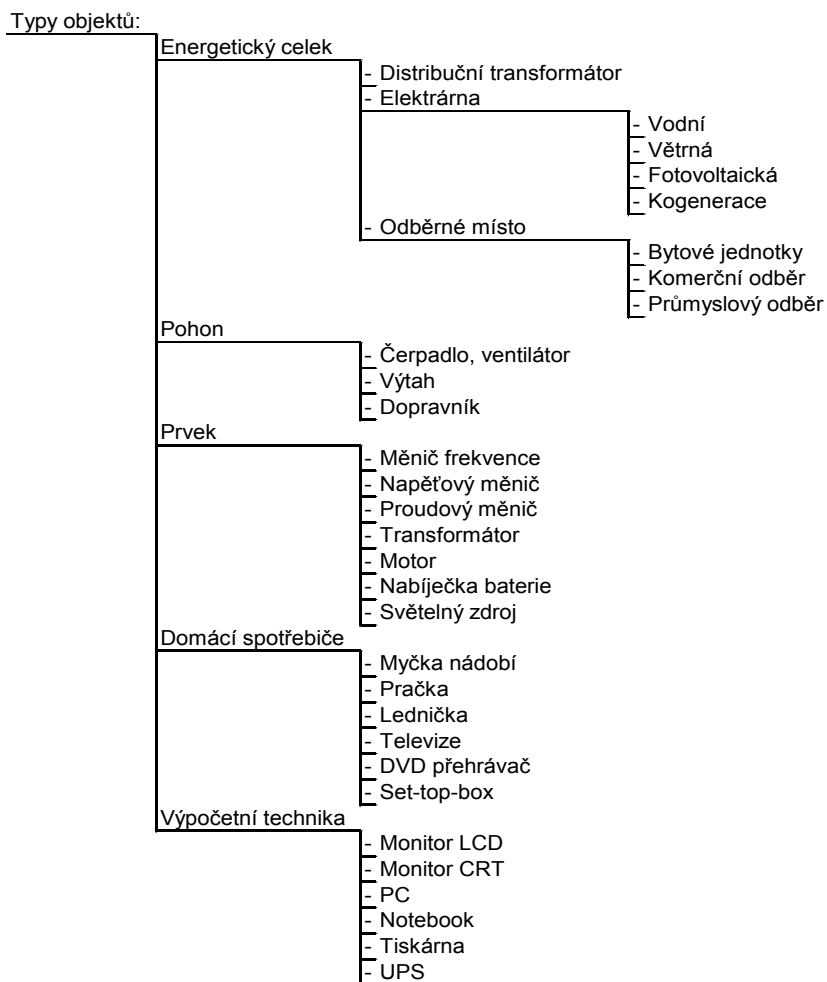
Hardwarové nároky - Při posuzování minimálních hardwarových nároků pro běh serveru se vychází z minimálních nároků na provoz SQL serveru a operačního systému. [2]

Varianta operačního systému	Minimální požadavky	Doporučené požadavky
Windows XP Professional	Pentium III nebo kompatibilní 600 Mhz, 512 MB RAM	Pentium IV nebo kompatibilní 1,4 GHz a vyšší, 2 GB RAM
Windows Vista	Pentium IV nebo kompatibilní 1 GHz a vyšší, 1 GB RAM	Intel Core Duo, 2 GB RAM
Windows Server 2003/ Windows 2008 Server	Pentium IV nebo kompatibilní 1 Ghz , 1 GB RAM	Intel Core 2 Duo, 2x2 GB RAM

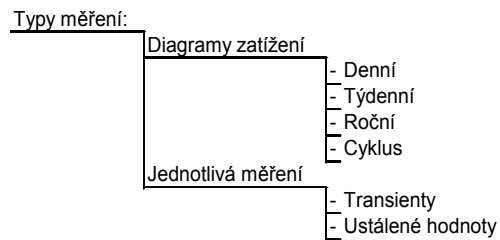
Tab. 1 operační systémy a hardwarové nároky

### 5.3 Schéma databáze

Pro přehlednost je databáze členěna podle typů objektů a podle typů měření.



Obr. 4 Členění databáze podle typů objektů



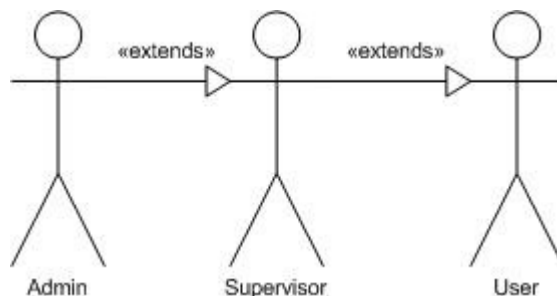
Obr. 5 Členění databáze podle typů měření

## 5.4 Uživatelské role v systému

V systému jsou evidovány následující tři role:

- Administrátor
- Supervisor
- User

Co se týká závislosti rolí, tak nejnižší právní rolí je User. Supervisor rozšiřuje User a o další práva práce v systému a nejvyšší rolí je Admin. Ten ostatně přiděluje právo Supervisor Userovi. User je každý nový uživatel, který se do systému zaregistruje. Závislost rolí znázorňuje obrázek dále. [2]



Obr.6 Závislost rolí v databázi

## 5.5 Import dat

Pro import dat do databáze je nutné být registrovaným a aktivním uživatelem databáze. Po přihlášení do systému se uživateli objeví možnost „Import dat“. Jedná se o vstupní rozhraní, ve kterém se vyplňují informace o vstupním měření a dále je možnost jejího dalšího kategorizování.

Po vstupu do sekce máme na výběr ze tří záložek, sloužící právě pro vstup a vkládání informací o novém měření:

Vstupní soubor

Nabídka Vstupní soubor se skládá ze čtyř částí:

- Oddělovač pole –určuje jaký je oddělovač mezi jednotlivými sloupci v datech ve vstupním souboru se změřenými daty. Pro data připravená v Excelu to většinou bývá středník. V nečeských verzích tabulkových procesorů to bývá čárka (to více odpovídá zkratce přípony souboru CSV – comma separated values – čili hodnoty oddělené středníkem).
- Úvodní časové sloupce – určuje, kolik sloupců bude charakterizováno jako nosič časové informace. Podle toho, jaké měření chceme importovat to může být jeden časový sloupec (např. pro osciloskopický záznam po sekundách), nebo časový a datumový sloupec zvažt (např. pro měření v delším časovém intervalu)
- Vstupní CSV soubor – slouží pro nalezení cesty k csv souboru. Po vybrání souboru se vstupními daty dojde k načtení souboru a jeho kontrole, zda se systém ELCO tento soubor schopen načíst. Informace k této kontrole jsou zobrazovány v dalším textovém poli – Vstupním logu.
- Výstupní log – slouží k výpisu chyb vzniklých při importu.

Soubor musí být ve formátu CSV, tedy středníky nebo čárkami oddělenými daty. V následující tabulce je uveden příklad vstupních dat tak, jak je zobrazen v tabulkovém procesoru. Samotná data jsou vybarvena modře. Komentáře nejsou součástí vstupního souboru a jsou vybarveny černě.

První řádek obsahuje názvy jednotlivých veličin, doplněný ve druhém řádku o jejich jednotky. Ve třetím a čtvrtém řádku jsou příznaky pro sloupce dat (změřené veličiny) Jedná se o tzv. kvalitativní příznaky, které blíže ale zato jednoduše poskytují informace o změřených veličinách.

Třetí řádek informuje o původu dat, to znamená jakým způsobem byla tato data získána.

Čtvrtý řádek pomocí příznaků přibližuje, co a jakým způsobem bylo měřeno: Nezávislá veličina může být např. napětí sítě, které nemůžeme ovlivnit. Závislá veličina je např. proud motoru, jehož hodnota nás zajímá a konečně řídicí veličina mění parametry měření - například velikost buzení motoru. [2]

Možnosti třetího řádku - původ dat:

- D - přímo změřená veličina (např. okamžitá hodnota napětí nebo proudu)
- M - odvozená - měřicím přístrojem (např. činitel harmonického zkreslení THD)
- U - odvozená – uživatelem (např. vypočtený moment na hřídeli motoru)

Možnosti čtvrtého řádku - typ dat:

- I - nezávislá veličina (Independent value)
- D - závislá veličina (Dependent value)
- C - řídicí veličina (Control value) [2]

### Ukládané hodnoty

Ukládané hodnoty se dělí do tří oblastí:

1. Změřená data – obsahují tabulku vstupních hodnot, kde v prvním sloupci je časová osa a v dalších sloupcích změřené elektrické a případné neelektrické veličiny. V záhlaví jednotlivých sloupců je název veličiny (např.  $t$ ,  $u$ ,  $i$ ...), jednotka (např. s, V, A...) a konstanta, která bude určovat, jak se veličiny mají zobrazovat (např.  $10^3$  jako kilovolty,  $10^6$  jako megavoltampéry...). Jednotlivé veličiny budou opatřeny příznaky: přímo naměřená veličina (např. U, I, P...), veličina odvozená přístrojem (např. THD...) a odvozená

uživatелеm pomocí vlastní metodiky. [2]

Time	U1	I1	I2	I3	In	Záhlaví sloupců
Ms	V	V	V	V	V	Jednotky
D	D	D	D	D	D	Původ dat
I	I	D	D	D	D	Typ dat
0	0,05	0	-0,2	0,1	0	Data
0,1	0,1	0	-0,3	0	0,2	.
0,2	0,15	0	-0,6	0	0,5	.
0,3	0,2	0	-1	0	1	.

Tab. 2: Příklad vstupního souboru

2. Popisná data – zde bude specifikováno: čím byl průběh změřen, v jakém zapojení, jakou metodou, vzorkovací frekvence, zda se jedná o okamžité hodnoty nebo RMS (či jiné), které veličiny jsou nezávislé a které závislé, kdo průběh změřil a kdy, kdo je vlastníkem (kdo jsou vlastníci) změřeného průběhu, klíčová slova. Je vhodné také každé měření doplnit o textový popis dalších okolností charakterizujících měření, např. cíle měření a zajímavosti ve změřených hodnotách, včetně odkazů na přílohy. Data v odstavci 2 zvýrazněná tučně jsou povinné pro každé měření!
3. Přílohy – Obsahují různé binární data, jako např. dokumentace k měřicím přístrojům, fotografie z měření, krátká videa, schéma měřicího místa apod. [2]

## 5.6 Ukázka funkčnosti databáze

Naměřená data přístrojem Meg 30, konkrétně týdenní měření na distribučním vedení nízkého napětí a několik týdenních měření v bodech připojení fotovoltaických elektráren k distribuční soustavě nízkého napětí jsem ze softwaru Power Quality monitor exportoval do textového formátu txt a dále pak do formátu csv. Ve formátu csv. jsem postupně importoval samotná měření do databáze. Na obrázku č. 4 je vidět vykreslení průběhu proudu v druhé fázi činného výkonu fotovoltaické elektrárny o instalovaném výkonu 170 kW. Z průběhu je jasné vidět nestálost obnovitelného zdroje v závislosti na slunečním světle, kdy v nočních hodinách zdroj negeneruje žádný výkon a naopak maxima dodávaného výkonu vykazuje v odpoledních hodinách v slunečných dnech, v dnech kdy je oblačno kdy je dodáváno jen difúzní světlo se výkon elektrárny pohybuje jen okolo třetiny instalovaného.

Provedl jsem porovnání pěti fotovoltaických elektráren viz. Obrázek č.7 mezi sebou vypočetl jsem jejich relativní výkon dle vztahu:

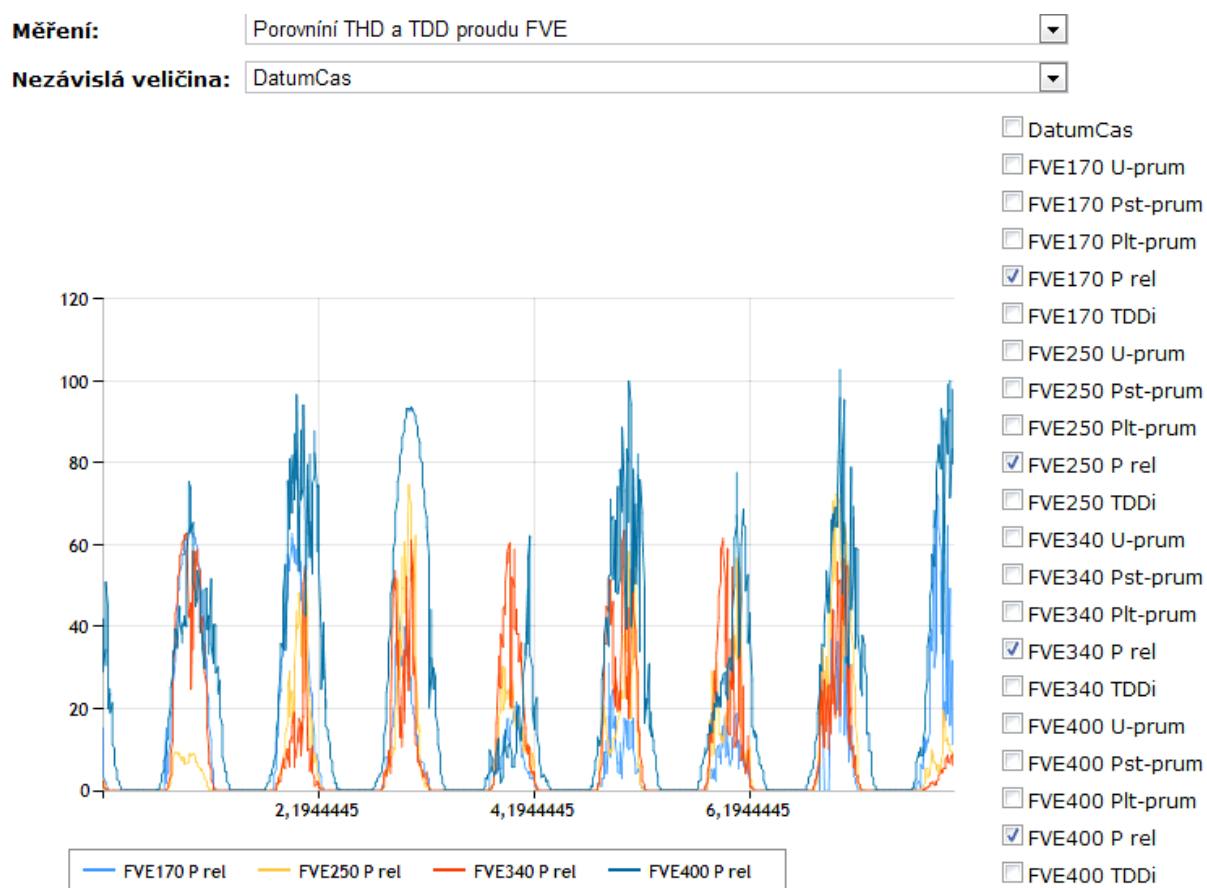


$$P_{rel} = \frac{P_{namereny}}{P_{instalovany}} * 100\% \quad (5.1)$$

Jejich činitel harmonického zkreslení proudů dle vtahu:

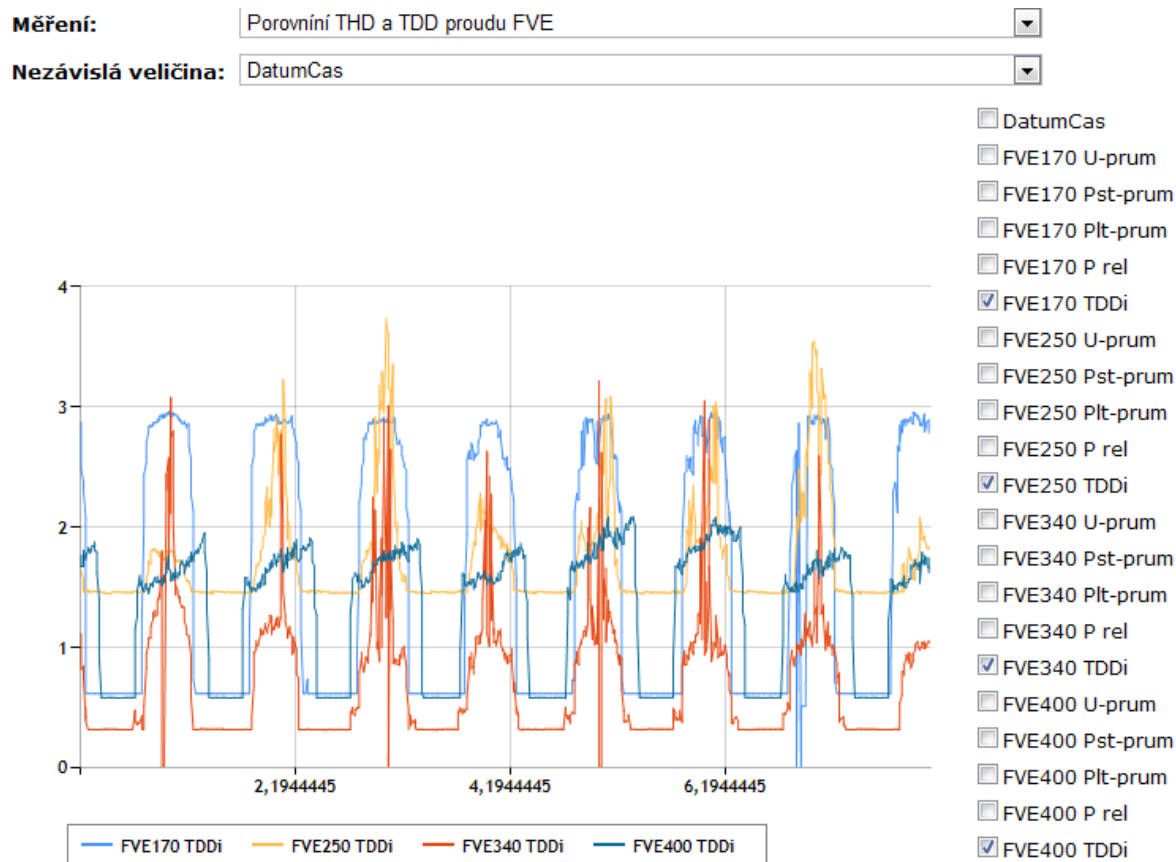
$$TDDi = \frac{I_{namereny}}{I_{instalovany}} * THDi * 100\% \quad (5.2)$$

Aritmetické průměry tří fází Pst, Plt a napětí, jsem vložil do jednoho souboru s virtuální časovou osou tak, že všechny průběhy začínají současně ve 4.50 hod. ráno.



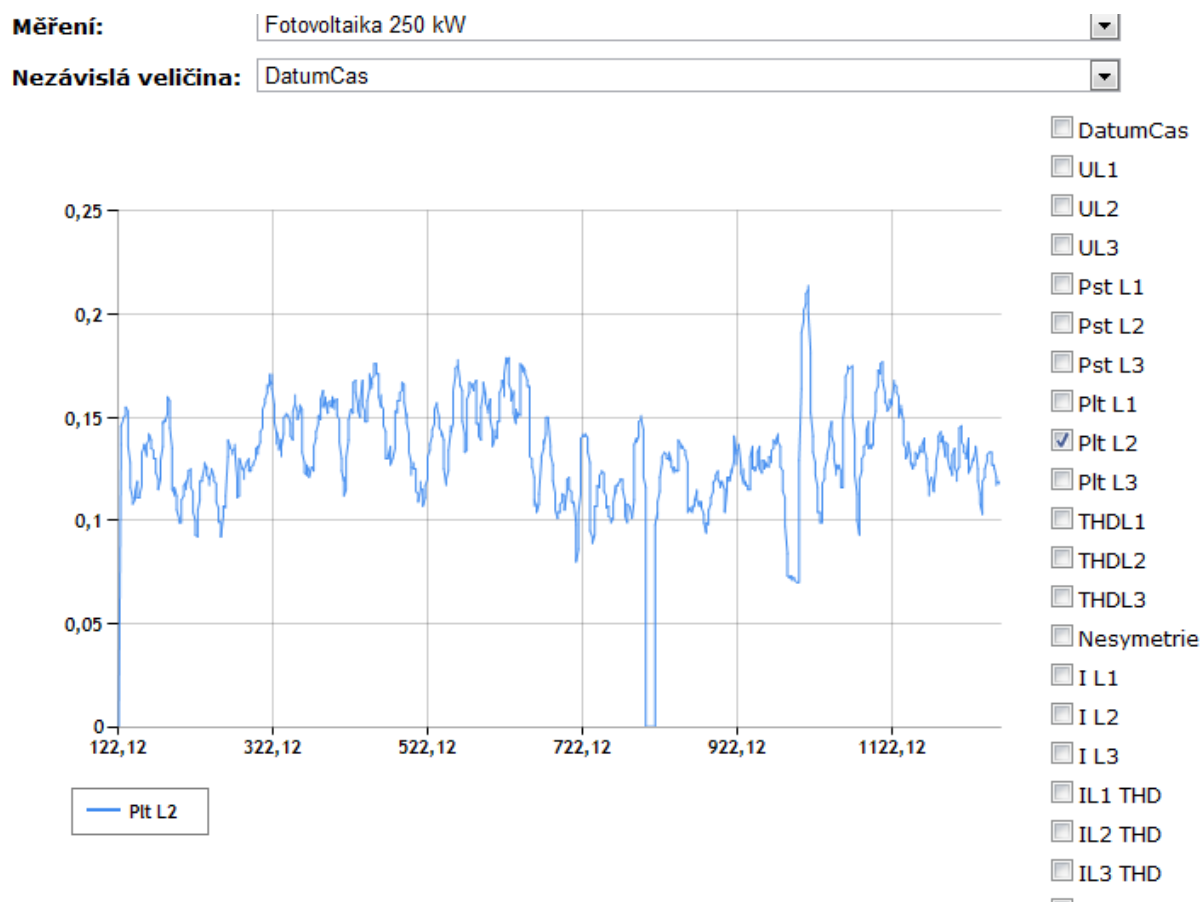
Obr. 7 Porovnání relativních výkonů jednotlivých FVE v čase

Na obrázku č. 7 je znázorněno porovnání relativních výkonů jednotlivých fotovoltaických elektráren, kde je jasné vidět, že nejvyšší účinnosti dosahuje elektrárna o instalovaném výkonu 400 kW.



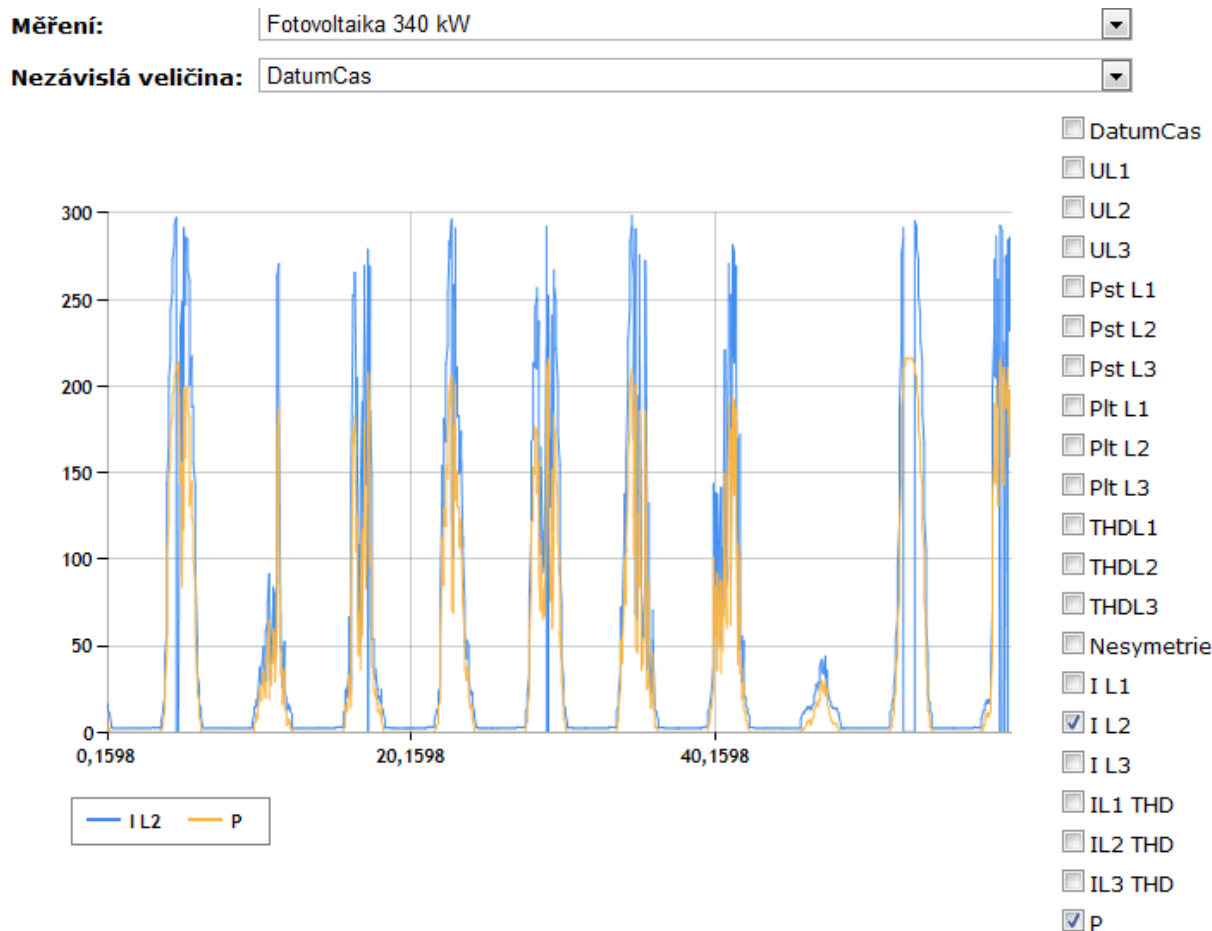
Obr. 8 Porovnání jednotlivých TDDi v čase

Na obrázku č. 8 je vidět, že elektrárna o instalovaném výkonu 250 kW generuje největší činitel harmonického zkreslení proudu



Obr. 9 Zobrazení flikru Plt druhé fáze v čase

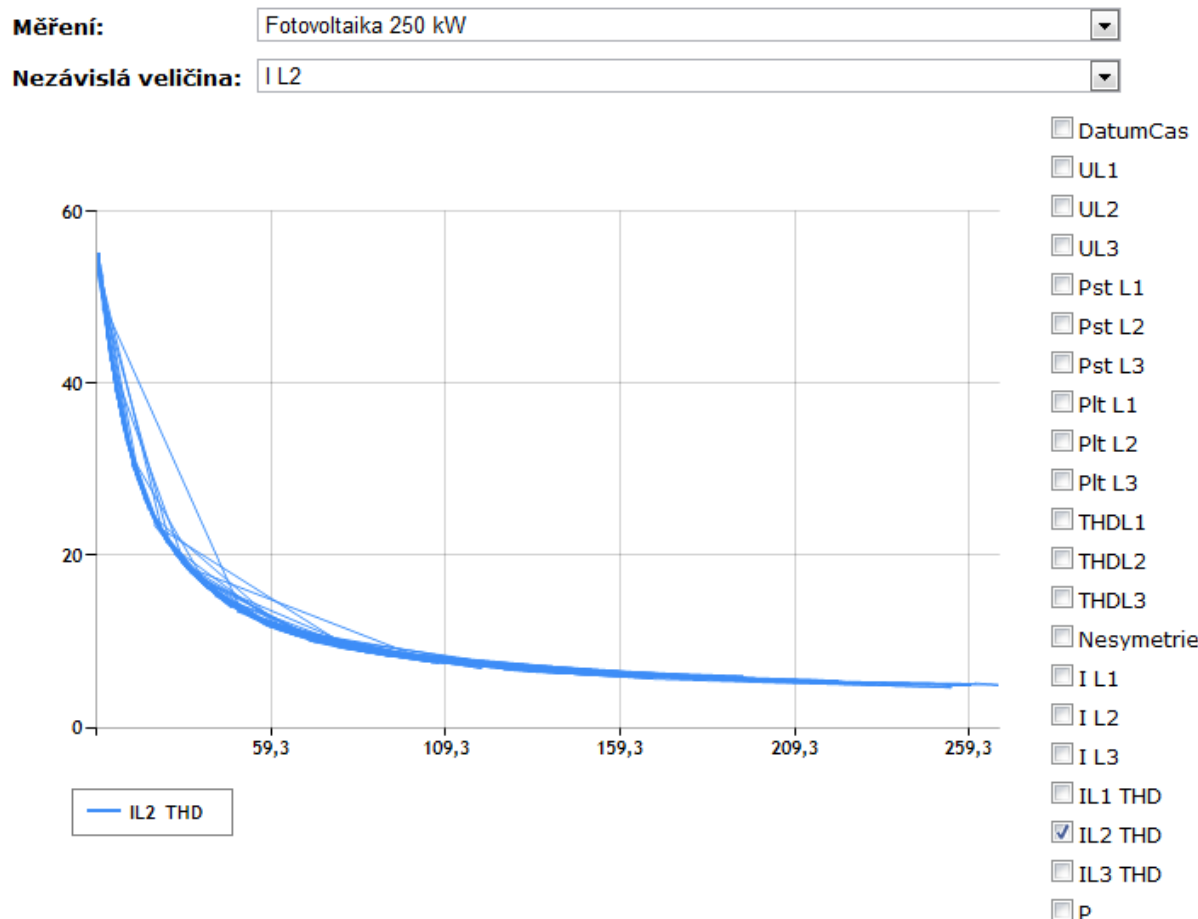
Na obrázku č. 9 je vidět, průběh dlouhodobého flikru Plt v místě připojení FVE o instalovaném výkonu 250 kW na hladině nízkého napětí.



Obr. 10 Zobrazení průběhů výkonu a proudu druhé fáze v čase

Na obrázku č. 10 je vidět, průběh činného výkonu a proudu druhé fáze v místě připojení FVE o instalovaném výkonu 340 kW na hladině nízkého napětí.

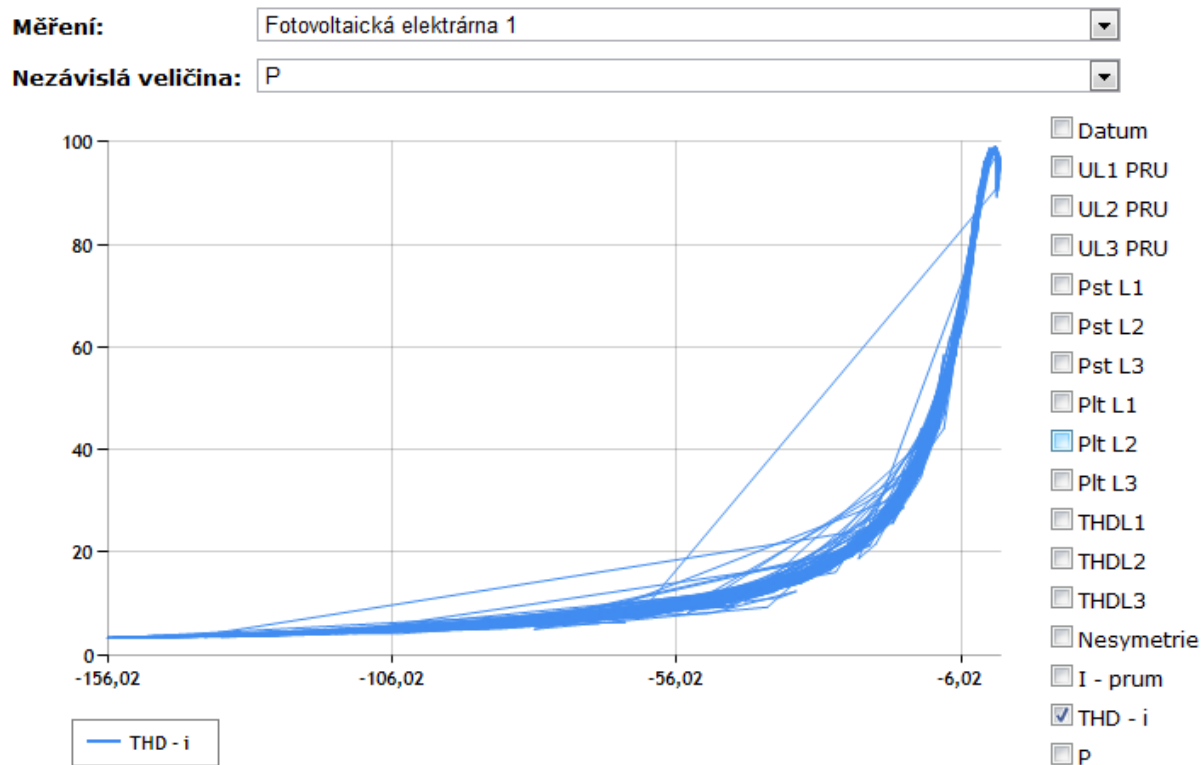
Pokud ale jako nezávislou veličinu zvolíme například I L2 (viz. Obrázek 11), čili proud druhé fáze, pak dostaneme z grafu charakteristiky, které jsou pro uživatele mnohem zajímavější.



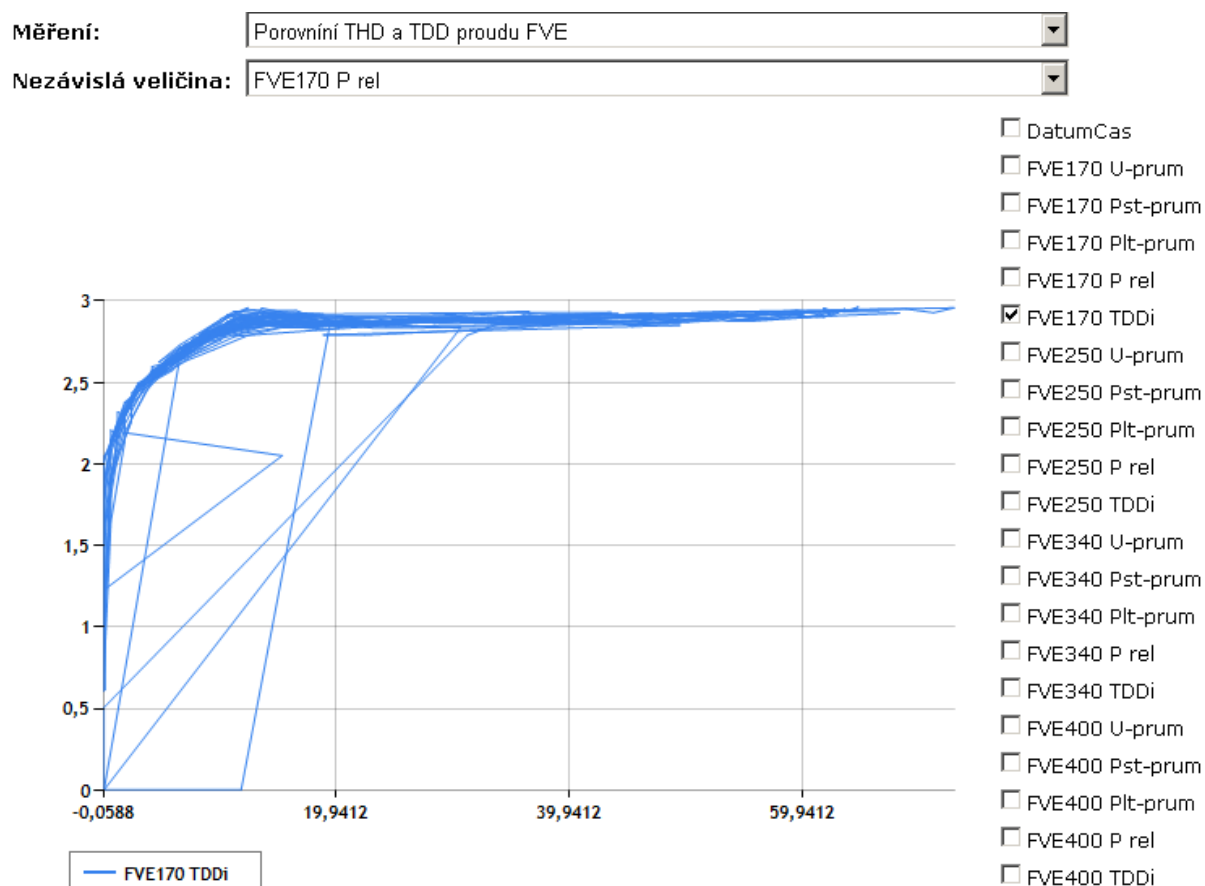
Obr.11 Zobrazení průběhu THDi na proudu I

Obrázek č.11 představuje závislost – celkového harmonického zkreslení proudu THDi druhé fáze na proudu druhé fáze. Proud je na vodorovné ose a je v Ampérech, na svislé ose je THDi je procentech.

Obrázek č.12 představuje závislost – celkového harmonického zkreslení proudu THDi na činném výkonu P. Výkon je na vodorovné ose a je ve watech, na svislé ose je THDi v procentech.

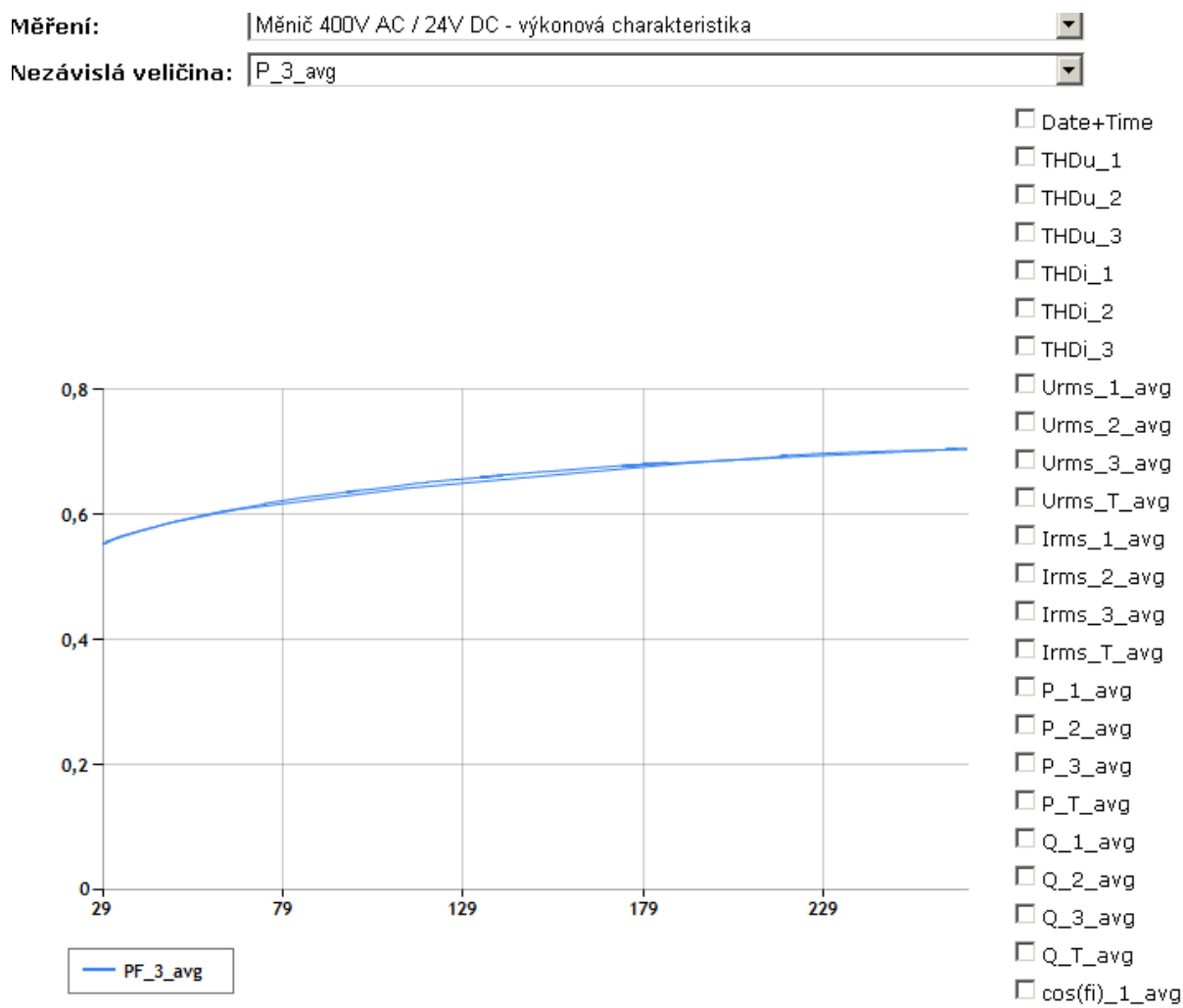


Obr. 12 Zobrazení závislosti THDi na P



Obr. 13 Zobrazení závislosti TDDi na P rel

Na obrázku č. 13 je vidět, průběh činitele harmonického zkreslení proudu v závislosti na relativním výkonu v procentech v místě připojení FVE o instalovaném výkonu 170 kW na hladině nízkého napětí.



Obr. 14 Zobrazení závislosti Power faktoru na P

Na obrázku č. 14 je názorně vidět průběh závislosti Power faktoru třetí fáze čili skutečného účinníku v závislosti na činném výkonu třetí fáze.

## 6. Závěr

Databáze popsaná v mé bakalářské práci přináší široké možnosti využití jak pro vědeckou činnost, tak pro vzdělávání budoucích elektroinženýrů. Funkčnost databáze jsem několikrát ověřil v importování samotných dat včetně vykreslení průběhů měřených veličin. Velkou výhodou databáze je zobrazení závislostí požadovaných veličin v časové oblasti, tak i v závislosti jednotlivých parametrů mezi sebou. Databáze rovněž umožňuje vložit soubor csv, který si uživatel vytvoří například sloučením několika konkrétních měření mezi sebou, či doplnění csv souboru o své požadované výpočty, tak jak jsem použil ve své bakalářské práci. Aby však mohl být potenciál databáze plně využit, musí se na jejím provozu podílet nejen jedna instituce (čili VŠB-TU Ostrava), ale i jiné vysoké školy a zástupci z praxe. Dalším důležitým aspektem, zejména při využití pro vědeckou činnost, je důsledný popis každého jednotlivého měření tak, aby byla co nejvíce umožněna opakovatelnost měření. Budoucím využitím je také ve výuce, kdy studenti si budou moci samostatně stáhnout balík naměřených dat, který budou dále zpracovávat, nebo se budou moci učit na příkladech z praxe.



## 7. Literatura

- [1] ČSN EN 50160, Český normalizační institut, 2000.
- [2] <http://elco.vsb.cz>
- [3] <http://www.e-mega.cz/>
- [4] <http://www.elcom.cz>
- [5] <http://www.egubrna.cz>